

## **sessione 2.2**

### **Pericolosità e previsione**

**Convenor: D. Albarello e C. Meletti**

## MODIFICHE DELLE CARATTERISTICHE GEOCHIMICHE DEI FLUIDI CIRCOLANTI NELL'APPENNINO CENTRALE INDOTTE DAL TERREMOTO DEL 6 APRILE: RICADUTE SULLA VALUTAZIONE DELLA PREVEDIBILITÀ DI UN TERREMOTO

F. Italiano<sup>1</sup>, G. Martinelli<sup>2</sup>, P. Bonfanti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INGV Sezione di Palermo

<sup>2</sup> ARPA Emilia Romagna, Reggio Emilia

A seguito del terremoto del 6 aprile sono state eseguite campagne di misure geochimiche con lo scopo di verificare le modificazioni indotte dal terremoto, le relazioni fluidi/strutture tettoniche e l'origine dei fluidi (Italiano et al., 2001, 2004, 2005, 2007a, b, 2008, 2009a, b). Sono stati prelevati campioni di gas da pozzi ubicati in area epicentrale noti nella zona come "soffianti", sono state eseguite misure di degassamento al suolo nelle aree interessate da fratturazione (indicazioni da Emergeo) e sono stati scaricati i dati di flusso di CO<sub>2</sub> da una stazione remota ubicata in Umbria (San Faustino). Le misure di degassamento al suolo sono state eseguite con i metodi generalmente applicati e noti in letteratura (camera di accumulo e concentrazione dinamica), ma il metodo della camera di accumulo è stato subito abbandonato perché sensibile allo stato di imbibizione dello strato superficiale del terreno. Le misure sono state eseguite con il metodo della concentrazione dinamica (tubo inserito nel terreno a 50 cm di profondità sotto un flusso costante di 1l/min. di gas) hanno fornito utili indicazioni di un degassamento attivo con concentrazioni nel suolo di CO<sub>2</sub> fino al 8% e contenuti di radon fino. Dai siti a maggiore concentrazione di CO<sub>2</sub> sono stati prelevati campioni di gas del suolo per misure di laboratorio (composizione chimica ed isotopica).

Le analisi eseguite sui gas campionati mostrano che, accanto alla componente atmosferica, è presente un tenore anormale di CO<sub>2</sub> (fino a 30-40 volte superiore alla concentrazione in aria) con composizione isotopica diversa dall'atmosfera (impoverimento in isotopo pesante) associata ad elio con contributo di tipo crostale (<sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He inferiore a quello dell'aria) testimoniando l'esistenza di una fase di degassamento attivo di gas di origine crostale.

L'esistenza di un degassamento attivo induce quesiti su quale sia l'origine dei fluidi emessi (in particolare la CO<sub>2</sub>) e quali siano le loro relazioni con il terremoto.

La CO<sub>2</sub> emessa in area ipocentrale potrebbe essere l'esito del degassamento da reservoir preesistenti. Alternativamente, dati sperimentali hanno accertato che è possibile produrre CO<sub>2</sub> da stress meccanico su rocce carbonatiche (Italiano et al., 2007b, 2008) ed in particolare per l'Appennino centro settentrionale è stato proposto che parte della CO<sub>2</sub> emessa sia originata da un processo simile a quello sperimentato in laboratorio che può avvenire durante le fasi di deformazione e durante la rottura. Tenuto conto anche delle anomalie di radon registrate in occasione del sisma, è necessario accertare quale sia l'origine, la circolazione e le modalità di rilascio dei fluidi, fornendo un modello che giustifichi tutte le anomalie osservate e sia utile per interpretazioni future.

L'area colpita dal sisma è nota per essere un sistema carsico molto sviluppato. Tale caratteristica è ben nota ai perforatori di pozzi che, se durante la perforazione sentono che dal pozzo viene emessa aria, interrompono i lavori dichiarando il pozzo improduttivo dal punto di vista idrico (intercettazione di cavità carsiche). La presenza e la circolazione di aria in tale sistema carsico è stata modellizzata da Badino (1995): l'aria fredda penetra ad alta quota, tende a scendere verso le quote più basse perché più densa, e tende quindi a fuoriuscire dalle aperture disponibili (p.e. i pozzi). Va notato che all'interno di un pozzo profondo oltre 100 metri, una anomalia di CO<sub>2</sub> può solo provenire da fondo pozzo e non da contaminazione superficiale. In tale sistema una anomalia di concentrazione di CO<sub>2</sub> come quella misurata denuncia la miscelazione di significative quantità di gas provenienti dal basso con l'aria che circola nel sistema carsico.

Il valore del rapporto isotopico della CO<sub>2</sub> è in accordo con una interazione acqua-gas che può avvenire negli acquiferi e anche nello strato di suolo imbibito d'acqua per le piogge del periodo.

Anomalie del flusso di CO<sub>2</sub> sono state registrate nella stazione di San Faustino (Massa Martana, Umbria) dove, dopo variazioni legate a terremoti locali registrate tra il 2005 e il 2008, alla fine di

marzo 2009 si è registrato un brusco incremento del flusso di CO<sub>2</sub> prima e in concomitanza con il terremoto del 6 aprile (Bonfanti et al., 2009). Nello stesso periodo misure satellitari eseguite nell'infrarosso termico hanno evidenziato una anomala variazione di concentrazione di possibili gas serra (tra cui la CO<sub>2</sub>) in atmosfera nell'area del terremoto prima del main shock, in particolare già il giorno 1 aprile (Aliano et al., 2009).

I risultati ottenuti sono in accordo con i fenomeni di deformazione crostale rilevate prima e dopo il sisma (Caporali et al., 2009) per cui appare verosimile che la deformazione pre-sismica possa aver indotto la produzione mecanochimica di CO<sub>2</sub> da stress dei carbonati, che probabilmente si fratturavano a causa della deformazione, interessando un'area molto più vasta di quella dove poi la rottura sarebbe avvenuta. La CO<sub>2</sub> prodotta può anche avere incrementato il rate di degassamento modificando la concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera come evidenziato da immagini satellitari. La CO<sub>2</sub> prodotta ha agito da carrier per il radon liberato dai sedimenti della zona (Bellotti et al., 2007) interessati dalla deformazione e ne ha fatto aumentare l'attività come rilevato dalle apparecchiature operanti nella zona. La CO<sub>2</sub> risalita in area epicentrale, preferenzialmente degassata nell'area fratturata, si è miscelata all'aria circolante nel sistema carsico modificandone la composizione.

Si ritiene che l'insieme delle osservazioni geochimiche interpretate nel modello di degassamento proposto possano costituire la prima base di riferimento per correlare dati scientifici al processo di generazione di un terremoto aprendo prospettive su ciò che a scale areali e temporali diverse è possibile rilevare prima di un evento sismico.

## Bibliografia

- Aliano C., Corrado R., Dadomo A., Filizzola C., Genzano N., Lisi M., Martinelli G., Palmeri S., Pergola N., Stocchino C., Tramutoli V., 2009: Large scale geochemical monitoring of seismically active areas of Italy by means of satellite TIR data: the case of April 2009 Abruzzo earthquake. ICGG10, Sept. 14-21 2009, Cluj, Romania.
- Badino G., 1995: Fisica Del Clima Sotterraneo - Memorie dell'Ist. Italiano di Speleologia, 7, serie II, Bologna.
- Bellotti E., G. Di Carlob, D. Di Sabatino, N. Ferrari, M. Laubenstein, L. Pandola, C. Tomei, 2007: g-ray spectrometry of soil samples from the Provincia dell'Aquila (Central Italy). Applied Radiation and Isotopes 65, 858-865
- Bonfanti P., Dadomo A., Heinicke J., Italiano F., Martinelli G., Maugeri R., Pizzullo S., 2009: Degassing activity and monitoring of the April 6, 2009 Mw=6.3 Central Italy earthquake. ICGG10, 14-21 September 2009, Cluj, Romania
- Caporali A., 2009: Time series of coordinates of CGPS stations in the area of the Abruzzo earthquakes. In "The April 2009 L'Aquila earthquake (Italy): first results and future strategies. Chieti, June 4, 2009" (Boncio P., Brozzetti F., Lavecchia G., Pizzi A., Eds.) w.unich.it/geosis/.
- EMERGE working group, 2009: Effetti cosismici sull'ambiente naturale. In "The April 2009 L'Aquila earthquake (Italy): first results and future strategies. Chieti, June 4, 2009" (Boncio P., Brozzetti F., Lavecchia G., Pizzi A., Eds.) w.unich.it/geosis/.
- Italiano F., Martelli M., Martinelli G., Paternoster M., Nuccio P. M., 2001: Geochemical modeling of earthquake-related anomalies in fluids of Val d'Agri (Southern Italy). Terra Nova, 13-4, 249-257
- Italiano F., Martinelli G., Rizzo A., 2004: Geochemical evidence of seismogenic-induced anomalies in the dissolved gases of thermal waters: A case study of Umbria (Central Apennines, Italy) both during and after the 1997-1998 seismic swarm. G-Cubed, vol. 5, 11, doi:10.1029/2004GC000720
- Italiano F., Caracausi A., Favara R., Innocenzi P., Martinelli G., 2005: Geochemical monitoring of cold waters during seismicity: implications for earthquake-induced modification in shallow aquifers, Terrestrial and Atmospheric and Oceanic Sciences, 16, 4, 709-729
- Italiano F., Bonfanti P., Caracausi A., Ditta M., Martinelli G., Maugeri R., Pizzullo S., 2007: Fluids as a tool to investigate potential seismogenic structures: a contribution to seismic hazard evaluation. EGU General Assembly 2007, Vienna, Austria, 15 - 20 April 2007
- Italiano F., Martinelli G., Pizzullo S., Plescia P., 2007: CO<sub>2</sub> from geothermal and seismic areas of Apennine chain: the role of mechanochemical production EGU General Assembly 2007, Vienna, Austria, 15 - 20 April 2007
- Italiano F., Martinelli G., Plescia P., 2008: CO<sub>2</sub> degassing over seismic areas: the role of mechanochemical production at the study case of Central Apennines. Pageoph, Vol. 165, 1, 75 - 94
- Italiano F., Martinelli G., Bonfanti P., Caracausi A., 2009: Long-term geochemical monitoring of gases from the seismic area of the Umbria region: 1997-2007. Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2009.02.040
- Italiano F., Bonfanti P., M. Ditta, R. Petrini, F. Slejko, 2009: Helium and carbon isotopes in the dissolved gases of Friuli region (NE Italy): geochemical evidence of CO<sub>2</sub> production and degassing over a seismically active area. Chem. Geol. 266, 76-85, doi:10.1016/j.chemgeo.2009.05.022